P. 6. 7.

ROYAL COLLEGE OF SURGEONS OF ENGLAND
-6 DEC 98
LIBRARY

9.

VIII

L'ACTION DES HAUTES TEMPÉRATURES SUR LE CŒUR *IN VIVO*

Par MM. J. ATHANASIU et J. CARVALLO

(Travail du laboratoire de physiologie de la Faculté de médecine de Paris.)

L'influence de la chaleur sur l'organisme animal tout entier ou sur ses différentes parties a préoccupé les physiologistes de tous les temps. Le cadre de ce mémoire ne nous permet pas de faire l'historique de la question pour lequel nous renvoyons à l'article *Chaleur* du Dictionnaire de physiologie. En ce qui concerne le cœur, on a étudié généralement l'action de la chaleur sur cet organe isolé du corps. Nous citerons, parmi les recherches principales, celles de Cyon [1], Luciani [2], Aristow [3], faites sur le cœur des animaux à température variable, celles de Newell-Martin [4], Langendorff [5], sur le

[1] Cyon (E.), Ueber den Einfluss der Temperaturänderungen auf Zahl, Dauer und Stärke der Herzschäge (*Berich. d. königl. Sachs. Geselsch. d. Wiss. nat. phys. Cl.*, 1886, S. 275-280). — Le même, *Arbeiten aus d. phys. Anstalt. zu Leipzig*, 1867, p. 77-127.

[2] Luciani, Eine periodische Function d. isolirten Herzschlages (*Arb. aus d. physiol. Anstalt zu Leipz.*, 1873).

[3] Aristow, Einfluss plötzlicher Temperatur-Wechsels auf das Herz und Wirkung d. Temperatur überhaupt die Einstellung d. Herzcontractionen (*A. P.*, 1879. p. 198-208).

[4] Newell-Martin, The direct influence of gradual variations of temperature upon the rate of beat of the dogs heart (*Philos. Transact. Roy. Soc.*, 1883, t. II. — *Ibid.* On the temperature limits of the vitality of the mammalians heart. *Stud. from. the Biolog. Labor. of the John Hopkins University*. Baltimore, 1890, t. IV, p. 265).

[5] Langendorff (O.) et Nawrocki (Cz.), Ueber den Einfluss von Wärme und Kälte auf das Herz der Wärmblutigen Thiere (*A. G. P.*, 1897, t. LXVI, p. 325-401).

cœur des mammifères. Il faut ajouter encore les expériences de Eckard[1] et de Schelske[2] faites sur le cœur de la grenouille, simplement mis à nu, et en chauffant le corps de l'animal entier.

L'échauffement des organes isolés du corps précise davantage l'action de la chaleur sur les éléments vivants. Mais les conditions anormales dans lesquelles ces organes se trouvent en dehors de l'organisme peuvent compliquer le problème. Nos recherches nous ont permis d'agir avec la chaleur, d'une manière plus directe, sur le sang d'abord et, par l'intermédiaire de ce milieu interne, sur les différents organes *in vivo*[3]. Nous donnons ici les résultats des injections très chaudes que nous avons pratiquées dans le système circulatoire (veineux surtout).

Technique expérimentale. — Immobilisation des animaux par l'anesthésie (chloralose, morphine), par le curare et, dans des cas très rares, par la section sous-bulbaire. Une large canule en verre est placée dans le vaisseau à injecter. La seringue, isolée autant que possible avec du coton et un manchon en caoutchouc, est chauffée à la température du liquide à injecter ,solution de Nacl (7 — 10 0/00). On réduit autant que possible la longueur des tubes qui relient la seringue avec la canule. Un métronome bat la seconde.

Pour mesurer la température dans les différents points de l'appareil circulatoire, nous avons employé le procédé thermo-électrique[4]. Une soudure cuivre-nickel ($0^{mm},1$ comme épaisseur des fils) est placée dans la région où la température est à déterminer. L'autre soudure est placée dans un milieu à température connue, dans la glace fondante, dans un bain d'huile ou simplement mise en contact avec le réservoir d'un thermomètre; le tout étant enveloppé de coton est maintenu à la température ambiante dont les oscillations ne nuisent que très peu à nos observations. Les soudures que nous employons mettent en moyenne de 2 à 4 secondes pour se mettre en équilibre thermique.

Dans nos expériences sur les mammifères, pour introduire la soudure dans le ventricule, nous nous sommes servis d'abord de minces tubes de verre assez longs et taillés en biseau à une extrémité pour laisser la soudure découverte. Sur des chiens de taille moyenne, on peut très facilement faire glisser ces tubes par le bout central de la

[1] Eckard, C. Entwickelungsgeschichte der Herzmuskulatur (*Zeitschr. f. rat. Med.*, 1860, Bd XXIX, S. 55).

[2] Schelske, *Ueber die Veränderungen der Erregbarkeit-durch die Wärme.* Heidelberg, 1860.

[3] Voy. *Soc. de Biol.*, 1897.

[4] Nous remercions beaucoup M. A. Broca pour les renseignements qu'il a bien voulu nous donner.

jugulaire, jusque dans le ventricule droit. On peut encore ouvrir la cavité thoracique et placer la soudure dans le ventricule qu'on traverse au moyen d'une fine aiguille. L'hémorragie qui suit cette opération s'arrête généralement très vite par la coagulation du sang au niveau des blessures de la paroi ventriculaire. Cette hémorragie est un peu plus forte quand on place la soudure à travers l'artère pulmonaire. Mais elle est toujours négligeable par rapport à la quantité de sang perdue si les déchirures des parois artérielles ne sont pas très grandes. Le sang sorti se coagule très vite et forme autour de l'artère un véritable manchon ; ceci non seulement arrête l'hémorragie, mais encore immobilise la soudure.

Sur la tortue, pour inscrire les battements cardiaques, nous nous sommes servis du procédé volumétrique [1], qui est le suivant : au moyen d'un trépan, on enlève une rondelle de la paroi cornée thoracique au niveau du cœur, en évitant autant que possible de blesser quelques vaisseaux qui passent par cet endroit. On introduit à frottement dans le trou de la paroi thoracique ainsi pratiqué un tube de verre et on complète la fermeture au moyen de la cire à modeler. Ce tube est en rapport avec un tambour très sensible. Les mouvements respiratoires, de même que les mouvements des pattes et de la tête s'inscrivent en même temps, ce qui nuit au tracé du cœur. On peut éviter presque complètement ces mouvements en pratiquant une ouverture de la paroi abdominale dans le pli de l'aine et la maintenant largement ouverte.

La soudure est placée dans le ventricule en traversant celui-ci avec une aiguille. Le circuit une fois fermé et quand l'aiguille galvanométrique reste en place, on ramène le galvanomètre au zéro. Il nous faut encore connaître la température normale de la région même où la soudure est placée et qui va recevoir le courant chaud. Pour cela, on prend la température dans le rectum de l'animal qui, à quelques dixièmes de degré près, est celle du ventricule ou du vaisseau dans lequel la soudure est placée. Il ne nous reste donc qu'à ajouter à cette température l'excès indiqué par le galvanomètre préalablement gradué pour avoir la température finale à la suite d'une injection chaude.

§ 1. — Les hautes températures dans le ventricule droit des mammifères.

Injections chaudes dans la veine jugulaire.

Les sujets d'expérience ont été : le chien, le chat et le lapin. Nous avons cherché à déterminer : 1° les modifications du cœur à la suite

[1] Ce procédé a été employé pour le cœur de la tortue, par Pachon et Athanasiu.

de ces injections ; 2° la distribution de la chaleur ainsi introduite dans la petite circulation.

La température dans le ventricule droit peut monter assez haut, comme l'expérience suivante le prouve :

Exp. I. — Chien de 12 kilogrammes, anesthésié par le chloralose (0gr,1 par kilogr.) ; soudure introduite dans le ventricule droit par le bout central de la jugulaire droite.

QUANTITÉ de liquide injecté.	TEMPÉRATURE		
	du liquide.	de l'animal.	dans le ventricule.
60 cent. cubes	90°	39°3	53°7
60 —	90	39,5	44,0
60 —	95	39,5	55,0
60 —	92	39,4	44,9

Ce tableau nous montre des écarts assez grands pour des quantités de liquide injectées égales et à des températures assez rapprochées. Mais il y a encore d'autres facteurs qui interviennent parmi lesquels les principaux sont : la vitesse de l'injection et la vitesse de la circulation. Donc, à température d'injection égale, la température dans le ventricule est fonction du rapport entre la quantité de liquide chaud et la quantité de sang, qui, dans l'unité de temps, pénètre dans cette cavité.

Exp. II. — Lapin de 3 kilogrammes ; section sous-bulbaire de la moelle cervicale ; soudure placée à travers le ventricule droit après l'ouverture du thorax. On ferme de nouveau la cavité thoracique et on la couvre avec du coton.

QUANTITÉ de liquide injecté.	TEMPÉRATURE		
	du liquide.	de l'animal.	dans le ventricula droit.
5 cent. cubes.....	90°	33°4	44°0
5 —	87	33,1	39,19
5 —	95	33,1	54,85

La dernière injection arrête le cœur ; on remarque de temps en temps des contractions partielles et très désordonnées. Après deux minutes, on commence à malaxer légèrement le cœur entre les

doigts en suivant la cadence de 80 pulsations à la minute. On voit alors que le cœur recommence à battre d'abord lentement pour reprendre presque toute sa force antérieure et continuer ainsi trente minutes.

La température de la cavité ventriculaire droite peut cependant monter dans certains cas jusqu'à 60°, comme l'expérience IV le

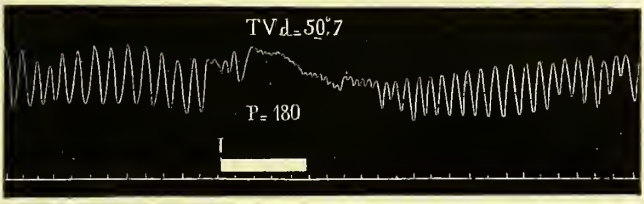

Fig. 1. — Chien. Injection dans la jugulaire.

TVd, température du ventricule droit : 50°,7; P, nombre des pulsations cardiaques; I, temps de l'injection : 5″. Quantité de liquide injecté : 50cc à 90°.

prouve. Dans cette expérience, la soudure fut placée dans l'artère pulmonaire à 0cm,5 de son origine. Nous voyons que cette grande élévation thermique n'entraîne pas la mort immédiate du cœur. Le trouble le plus grave que la température de 60° pourrait produire,

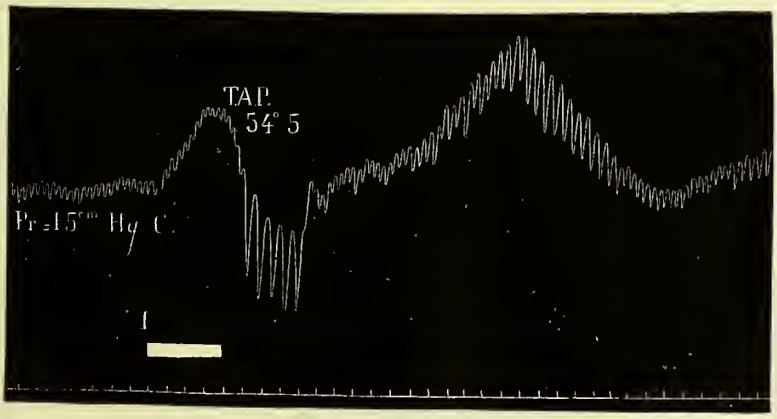

Fig. 2. — Chien. Injection dans la jugulaire.

Pr, pression sanguine dans la carotide; I, temps que dure l'injection : 4″; TAP, température dans l'artère pulmonaire : 54°,5. Quantité de liquide injecté : 50cc à 92°.

c'est la coagulation du fibrinogène. Il est très probable que cette coagulation a lieu en certains points, mais elle est insuffisante pour entraver la circulation. L'explication de ce phénomène se trouve, croyons-nous, dans le facteur temps. Jamais le cœur des mammi-

fères ne garde plus de quelques secondes la température (55 à 60°), favorable à la coagulation du fibrinogène, temps insuffisant pour que ce phénomène se produise complètement.

Le *rythme* du cœur subit des modifications assez variables[1]. Néanmoins on peut bien distinguer une phase d'accélération qui suit le commencement de l'injection. Ainsi la figure 1 montre que les pulsations cardiaques qui étaient de 67 par minute avant l'injection, arrivent à 180 pendant et après celle-ci. La courbe présente un aspect tétaniforme, cependant les pulsations sont assez distinctes pour qu'on puisse les compter. Un ralentissement fait suite quelquefois à cette phase d'accélération, comme on peut bien le voir sur la figure 2. Ici le nombre des battements cardiaques arrive de 188 par minute (avant) à 223 (pendant), pour tomber à 85 (après l'injection). Généralement le cœur reprend son rythme normal au bout de très peu de temps (*fig.* 1). Quelquefois il passe par de nouvelles phases d'accélération et de ralentissement (*fig.* 2).

La *pression* sanguine (*fig.* 2) monte pendant l'injection et immédiatement après elle descend au-dessous de la normale. Sur cette figure on voit encore une seconde élévation avant que la pression ne revienne à l'état primitif.

Température du sang dans l'artère pulmonaire. — Nous avons aussi cherché à suivre la marche de la chaleur produite dans le ventricule droit. La soudure était placée dans l'artère pulmonaire à une distance variable entre $0^{cm},5$ et $1^{cm},5$ de son origine.

Nous ne donnons que deux expériences qui montrent les maxima de température que nous avons pu atteindre dans l'artère pulmonaire.

Exp. III. — Chien de 5 kilogrammes, curarisé ($0^{cg},5$ par kilogr.). Le thorax ouvert, on place la soudure dans l'artère pulmonaire à 1 centimètre de son origine.

QUANTITÉ de liquide injecté.	TEMPÉRATURE			DURÉE de l'injection en secondes.
	du liquide.	de l'animal.	dans l'artère pulmonaire.	
50 cent. cubes.....	88°	37°7	47,5	6
50 —	90	37,7	48,6	6
50 —	92	37,9	55,3	5
50 — .. .	92	38,0	54,5	6

Le cœur a continué à fonctionner encore quarante-cinq minutes.

[1] Le tracé de la pression sanguine montre les modifications du rythme cardiaque.

Exp. IV. — Chat de 2 kilogrammes, curarisé (0gr,005 par kilogr.). Soudure placée dans l'artère pulmonaire à 0cm,5 de son origine.

QUANTITÉ de liquide injecté.	TEMPÉRATURE du liquide.	TEMPÉRATURE de l'animal.	TEMPÉRATURE dans l'artère pulmonaire.	DURÉE de l'injection en secondes.
10 cent. cubes.....	82°	36°6	45°9	8
10 —	38	35,6	47,4	8
15 —	92	35,6	60,4	6
12 —	92	35,6	51,4	7
20 — ...	88	35,6	51,6	7
20 —	93	36,2	60,3	7

Malgré cette grande élévation de température dans le ventricule, le cœur a continué à fonctionner très bien pendant 1 h. 30 m.

§ 2. — Température dans le poumon.

Exp. V. — Chien de 9 kilogrammes, curarisé (0gr,005 par kilogr.). Ouverture d'un espace intercostal et introduction de la soudure au moyen d'une aiguille dans l'épaisseur du poumon. On ferme avec du coton l'orifice de la poitrine ainsi pratiqué.

QUANTITÉ de liquide injecté.	TEMPÉRATURE du liquide.	TEMPÉRATURE de l'animal.	TEMPÉRATURE dans le poumon.	DURÉE de l'injection en secondes.
50 cent. cubes... .	80°	38°6	43°8	10
30 —	90	38,8	45,0	8
50 —	92	38,9	47,3	8
50 —	92	38,9	48,2	7

Le cœur s'arrête quarante-cinq minutes après la dernière injection.

§ 3. — Les hautes températures dans le ventricule gauche des mammifères.

Injection dans la veine pulmonaire.

La température, dans la cavité ventriculaire gauche, à la suite des injections faites par les veines pulmonaires subit les mêmes oscillations que dans la droite, à la suite des injections par la jugulaire. De part et d''autre, la hauteur de cette température est fonction de deux facteurs : la quantité de liquide injecté, en supposant que

sa température reste la même, et la vitesse avec laquelle la circulation se fait dans le cœur.

Exp. VI. — Chien de 10 kilogrammes, curarisé (0gr,005 par kilogr.). Une canule est placée dans une veine pulmonaire droite. La soudure est introduite dans le ventricule gauche en le traversant avec une aiguille.

QUANTITÉ de liquide injecté.	TEMPÉRATURE du liquide.	TEMPÉRATURE de l'animal.	TEMPÉRATURE dans le ventricule gauche.	DURÉE de l'injection en secondes.
50 cent. cubes.....	85°	37°0	45°6	13″
50 —	87	37,1	44,9	14
50 —	90	37,3	54,6	7,5
50 —	90	37,4	50,2	10
50 —	92	37,5	53,7	10

Le cœur continue à fonctionner encore quarante minutes.

Le *rythme* du cœur et la pression sanguine subissent les mêmes modifications qu'après les injections chaudes dans le cœur droit,

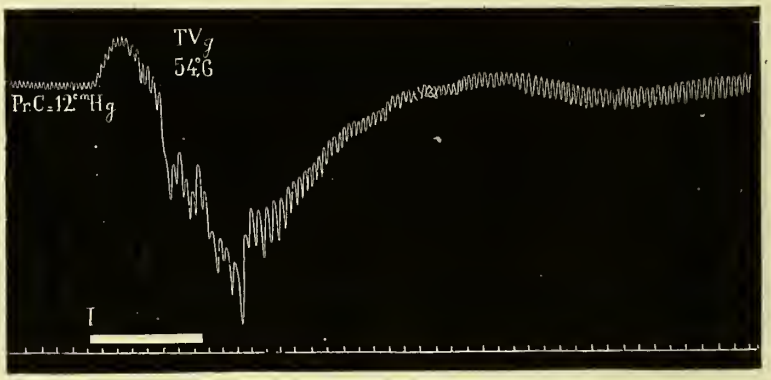

Fig. 3. — Chien. Injection dans la veine pulmonaire.

Pr.C, pression dans l'artère carotide : 12cm Hg; TVg, température du ventricule gauche : 54°,6; I, temps que dure l'injection : 7″,5. Quantité de liquide injecté : 50cc à 90°.

excepté peut-être la phase d'accélération. Ainsi qu'on le voit sur la figure 3, le commencement de l'injection est accompagné d'une légère hausse de la pression qui ne dure que deux à trois secondes. Après quoi, une chute beaucoup plus prononcée a lieu. Le cœur commence à se ralentir dès le début de l'injection pour atteindre son maximum à la fin de celle-ci.

Injections très chaudes dans la jugulaire de la tortue. La température du ventricule.

Exp. VII. — Tortue de 600 grammes. Inscription volumétrique du cœur. Soudure placée à travers le ventricule.

QUANTITÉ de liquide injecté.	TEMPÉRATURE du liquide.	TEMPÉRATURE de l'animal.	TEMPÉRATURE dans le ventricule.
5 cent. cubes.....	50°	21°0	23°4
5 —	55	21,8	24,7
5 —	65	21,9	26,4
5 —	75	22,3	27,4
5 —	80	21,2	25,7
5 —	90	21,4	27,4
5 —	95	22,0	29,8

Le lendemain, cette tortue, ayant survécu, nous sert pour une seconde expérience. Cette fois nous lui donnons des quantités plus grandes de liquide, et, ainsi qu'on pourra le voir, l'élévation thermique dans le ventricule a été plus considérable.

QUANTITÉ de liquide injecté.	TEMPÉRATURE du liquide.	TEMPÉRATURE de l'animal.	TEMPÉRATURE dans le ventricule.
15 cent. cubes.....	80°	20°0	41°46
20 —	88	22,0	41,72
23 —	93	24,0	48,65
20 —	93	26,0	50,65
20 —	93	27,7	47,7
20 —	93	29,5	47,19

Exp. VIII. — Tortue de 700 grammes ; soudure placée à travers le ventricule. Inscription volumétrique du cœur.

QUANTITÉ de liquide injecté.	TEMPÉRATURE du liquide.	TEMPÉRATURE de l'animal.	TEMPÉRATURE dans le ventricule.	DURÉE de l'injection en secondes.
10 cent. cubes.....	62°	25°1	33°8	14″
10 —	92	25,4	35,84	14
15 —	92	26,3	46,22	12
20 —	92	27,2	50,98	7
20 —	92	29,4	49,12	7

Le *rythme* du cœur de la tortue subit de grandes modifications, comme on peut le voir sur les figures 4 et 5. Ainsi, sur la figure 4,

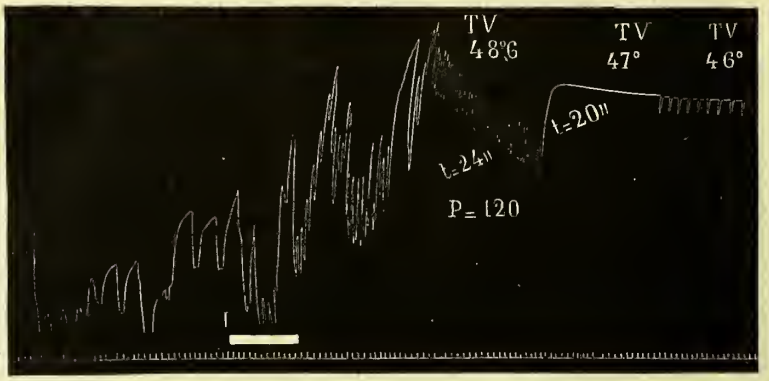

Fig. 4. — Tortue.

P, nombre de pulsations par minute : 120; *t*, temps que dure l'accélération : 24", ou l'arrêt du cœur : 20"; TV, température dans le ventricule : 48°,6, 47°, 46°; I, temps que dure l'injection. Quantité de liquide injecté : 20cc à 92°.

le cœur commence à s'accélérer pendant l'injection; cette accélération va en augmentant, et vers la vingt-quatrième seconde après l'injection, elle atteint son maximum qui est à peu près de 120 pul-

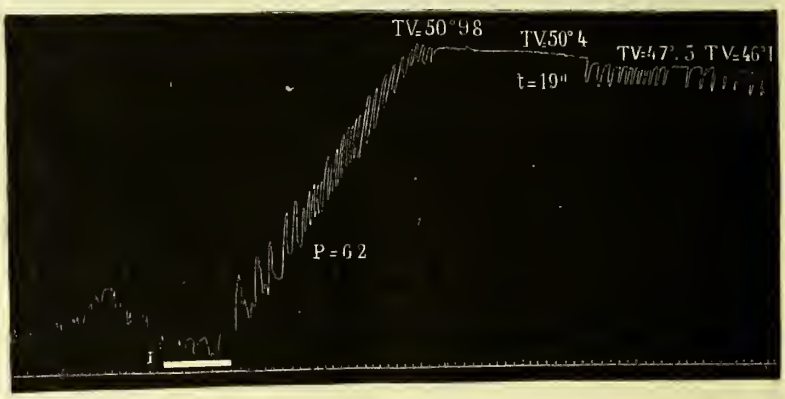

Fig. 5. — Tortue.

P, nombre de pulsations par minute : 62; *t*, temps que dure la pause : 19" TV, température ventriculaire : 50°,98, 50°,4, 47°,5, 46°,1; I, temps que dure l'injection : 7". Quantité de liquide injecté : 20cc à 95°.

sations par minute, alors qu'à l'état normal il n'était que de 27 seulement. Nous voyons en même temps que le galvanomètre accuse 48°,6 tout le temps que dure cette grande accélération. Ceci nous

montre que la température correspondante à la vitesse du cœur des animaux poikilothermes est supérieure à celle indiquée par différents auteurs (30-40°). Cette différence doit tenir à l'échauffement lent auquel le cœur a été soumis dans toutes les recherches de cette nature.

Cette énorme augmentation des battements cardiaques ne dure, il est vrai, que vingt-quatre secondes ; puis tout à coup le cœur s'arrête et au bout de vingt secondes il reprend de nouveau. D'autres fois la phase d'accélération est plus courte et, sur la figure 5, cette phase ne dure que quinze secondes pour faire place à un arrêt presque complet qui dure dix-neuf secondes.

Pendant toute cette pause, la température du ventricule se maintient à un niveau très voisin de son maximum et les moindres pulsations suffisent pour la faire baisser très vite.

Le cœur de la tortue met généralement cinq à six minutes pour revenir à son rythme antérieur. Il reste toujours un peu plus accéléré, phénomène dû certainement à l'augmentation de la température de l'animal. La tortue perd en effet plus difficilement que les mammifères la chaleur qu'on lui introduit dans son corps.

Les faits que nous venons d'exposer prouvent qu'on peut facilement produire une élévation thermique assez considérable de certains organes des mammifères (cavités cardiaques, artère pulmonaire, poumon, etc.) sans amener la mort immédiate. Sur la tortue, la présence d'un seul ventricule partage le courant chaud entre le poumon et le système artériel de la grande circulation. Cela explique jusqu'à un certain point l'échauffement assez rapide du corps de la tortue. Le myocarde de cet animal peut se trouver à des températures plus élevées que celui des mammifères, après une injection très chaude dans le système veineux. En effet l'absence de vaisseaux dans le cœur de la tortue fait que le muscle cardiaque est imbibé comme une éponge par le sang des cavités qu'il circonscrit, de sorte que, à peu de chose près, la température de la cavité du ventricule est aussi celle du myocarde ventriculaire. Or, comme nous avons vu dans les expériences VII et VIII, et sur les graphiques 4 et 5, le cœur garde un temps assez appréciable des températures très hautes (48-50°), sans que cela le tue. Aristow [1] a trouvé, en faisant agir la chaleur extérieurement sur le cœur de la grenouille, que celui-ci peut résister 5 secondes à 63°, 60 secondes à 50°, et qu'il s'arrête complètement si on le maintient 90 secondes à 50°, 180 secondes à 45° ou enfin 360 secondes à 40°. Mais la résistance plus grande du cœur dans cette expérience tient, croyons-nous, à la difficulté que la

[1] *Loc. cit.*

chaleur du milieu ambiant rencontre pour pénétrer dans l'intimité du muscle cardiaque. A ce propos, nous avons fait l'expérience suivante : un cœur de tortue est détaché du corps après la ligature des grands vaisseaux et par une aorte on introduit dans le ventricule une soudure bien isolée. On plonge le cœur ainsi préparé dans un bain dont la température maintenue constante est de 43° ; toutes les précautions sont prises pour qne les fils conducteurs de la soudure ne plongent pas dans ce bain. On voit alors que la chaleur du bain met 185 secondes avant d'arriver dans la cavité du ventricule. Ce retard est causé certainement par la mauvaise conductibilité calorifique du péricarde viscéral et de la paroi du cœur. Les choses se passent autrement quand un liquide chaud est introduit dans le cœur même. Dans ce cas, il chemine avec le sang, parmi les faisceaux charnus du cœur, en leur communiquant la température qu'il possède. Cette objection ne peut pas être faite aux expériences de Cyon, car cet auteur réalisait une circulation dans le cœur, isolé du corps. Seulement les températures que Cyon donne comme mortelles pour le cœur des animaux poikilothermes, sont inférieures à celles que nous avons obtenu sur le cœur *in vivo*. Il est bien probable que cela tient, comme nous l'avons dit, à la lenteur de l'échauffement. La chaleur agissant de cette manière produit certainement de grands troubles dans les phénomènes chimiques du myocarde.

Les effets consécutifs des injections à haute température dans le système veineux ne sont pas plus prononcés que les effets immédiats. Les expériences suivantes prouvent l'innocuité de ces injections :

Exp. IX. — Chien de 10 kilogrammes ; pas d'anesthésie. On lui injecte dans le bout central de la jugulaire 60 centimètres cubes de la solution NaCl à 10 0/00 à 92°. On observe une agitation assez forte pendant l'opération et la respiration devient légèrement dyspnéique. Vingt-quatre heures après, l'animal ne manifeste plus aucun trouble et, au bout de quatre jours, il est très bien portant et on le prend pour une autre expérience.

Exp. X. — Chienne de 12 kilogrammes, reçoit en deux reprises dans le bout central de la jugulaire 120 centimètres cubes de la solution physiologique à 80°. Elle n'a manifesté que peu d'agitation et pas de dyspnée. Après dix jours on lui donne encore en trois reprises 150 centimètres cubes de la même solution à 92°. L'animal a très bien supporté ces injections sans présenter de troubles ni immédiats ni consécutifs pendant dix jours que dure l'observation.

L'innocuité des injections à haute température dans le système veineux nous semble incontestable dans les conditions mentionnées. Il est à peine besoin d'insister davantage sur l'importance des deux

principaux facteurs qui garantissent cette innocuité, à savoir : *la quantité de liquide et la vitesse avec laquelle il pénètre dans le torrent circulatoire* pour chaque injection. En ce qui concerne la quantité, nos expériences nous ont appris qu'elle peut être en termes moyens de 3 à 5 centimètres cubes de liquide à 92° par kilogramme de chien ; de 2 à 3 centimètres cubes par kilogramme de lapin et de chat pour une injection. Quant à la vitesse, ces quantités peuvent être injectées très rapidement, mais ne pas dépasser la vitesse de 0",1 par centimètre cube.

Ces injections peuvent être répétées sur le même animal plusieurs fois si on prend la précaution de laisser une pause de quelques minutes après chaque injection.

Conclusions.

1° On peut injecter dans le système veineux des animaux des liquides très chauds (90-92°), sans amener la mort ni immédiate ni consécutive.

2° Les quantités qu'on peut ainsi introduire à chaque injection et avec cette température ne doivent pas dépasser 4 à 5 grammes par kilogramme de chien et 2 à 3 grammes par kilogramme de lapin et de chat.

3° Avec ces quantités et ces températures, il faut garder, comme vitesse maxima de l'injection, 0",1 pour chaque gramme d'eau chaude injectée.

4° La température de certaines portions du sang dans ce cœur, sinon de la masse sanguine totale des ventricules, ainsi que la température du sang de l'artère pulmonaire, peuvent arriver à 55-60°, sans que la mort de l'animal s'ensuive.

5° Le cœur de la tortue peut être porté, pendant 19 à 24 secondes, à une température de 48-50°, sans que cette température le tue.

IX

LOIS GÉNÉRALES
DE LA
RÉFRIGÉRATION PAR L'EAU CHEZ LES OISEAUX

Par M. J. LEFÈVRE

I

L'accélération rapide du débit dans les bains de plus en plus froids est un fait suffisamment démontré et rendu manifeste par les expériences, les tableaux et courbes de nos précédents mémoires sur les variations du pouvoir réfrigérant de l'eau, en fonction de la température et du temps.

Établie d'abord pour l'homme, étendue ensuite aux mammifères[1], cette loi attendait une rapide vérification chez les autres homœothermes. Le présent mémoire, en recherchant les lois générales de la réfrigération chez les oiseaux, complétera nos études calorimétriques antérieures.

II. — *Méthode.*

Il est inutile de reprendre ici l'étude des appareils et des méthodes, et l'examen critique des procédés calorimétriques les plus exacts.

Nos mémoires de 1896 et 1897 donnent, à ce sujet, tous les détails nécessaires, et celui d'avril 1897, sur les mammifères, contient en particulier les figures et la description de la gouttière et du calorimètre destinés aux animaux.

Rappelons seulement que les meilleurs résultats sont donnés par la méthode synthétique (groupement de plusieurs expériences de durée différente, en un même tableau), sous les conditions indiquées par une minutieuse critique expérimentale précédemment exposée[2].

Cette méthode, rendue très précise par l'usage de la lunette pour

[1] Voir ces *Archives*, janvier et avril 1897.

[2] Mémoire d'octobre 1896.